ARTICULATA 2016 31: 13–22 NATURSCHUTZ

Heuschrecken in biologisch und konventionell genutzten Weinbergen in der Pfalz

Judith Wagner, Martin H. Entling & Jens Schirmel

Abstract

Organic farming can be beneficial for biodiversity compared to conventional agriculture. This study aims to analyse, if organic viticulture has a positive effect on Orthoptera. Therefore, Orthoptera were sampled (isolation quadrat, pitfall traps) in organic and conventional vineyards at two locations near Landau, Rhineland-Palatinate. We found no effect of organic farming on abundances of adults, species richness, and species composition. Reasons might be the poor vegetation structure in both organic and conventional vineyards and the influence of adjoining marginal structures on the assemblage. In contrast, abundance of nymphs was significantly higher in organic than in conventional vineyards. This might be explained by differences in pesticide and fertilizer applications. Organic vineyards might therefore provide suitable habitats for Orthoptera during their whole life cycle. A more extensive management of organic vineyards with less frequent mulching and mowing might have additionally positive effects on Orthoptera.

Zusammenfassung

Biologische Landwirtschaft kann im Gegensatz zur konventionellen förderlich für die Biodiversität sein. Ziel der vorliegenden Studie ist die Analyse, ob dies auch für Heuschrecken in Weinbergen zutrifft. Dazu wurden Freilanderhebungen (Isolationsquadrat, Bodenfallen) in biologisch und konventionell genutzten Weinbergen an zwei verschiedenen Standorten (Orte Böchingen und Weyher) in der Südpfalz bei Landau durchgeführt. Es konnten keine Effekte der biologischen Nutzung auf die Abundanzen von adulten Heuschrecken, den Artenreichtum sowie die Artgemeinschaft von Weinbergen festgestellt werden. Gründe werden in der ähnlichen Strukturarmut von biologisch und konventionell genutzten Weinbergen vermutet sowie einer Beeinflussung der Heuschreckenfauna von den Randstrukturen. Im Gegensatz dazu, wurde eine höhere Abundanz von Larven in biologischen Weinbergen nachgewiesen. Dies könnte auf Unterschiede in der Düngung, im Pestizideinsatz oder Prädationsdruck zurückzuführen sein. Somit könnten biologisch genutzte Weinberge – im Gegensatz zu konventionellen – nicht nur Teillebensräume sondern über die gesamte Entwicklung hinweg geeignete Habitate für Heuschrecken darstellen. Die Extensivierung weiterer Bewirtschaftungsweisen (Mulchen, Mahd) und die Erhöhung des Strukturreichtums in biologisch genutzten Weinbergen könnten zusätzlich positive Effekte für Heuschrecken haben.

Einleitung

Biologische Landwirtschaft kann im Vergleich zur konventionellen die Biodiversität fördern (HOLE et al. 2005, BENGTSSON et al. 2005). Nach BENGTSSON et al. (2005) weisen biologisch genutzte Flächen durchschnittlich 30% mehr Arten auf als konventionelle Flächen. Biologische Landwirtschaft zeichnet sich durch eine geringere Störungsintensität aus, während bei der konventionellen Nutzung hohe Störungen – v.a. durch Pestizid- und Kunstdüngereinsatz sowie häufigere mechanische Beeinträchtigungen – zu negativen Auswirkungen auf Artengemeinschaften führen (BRUGGISSER 2010, CHERRIL 2010, HOLZSCHUH 2007, ROSCHEWITZ 2005, RUNDLÖF 2006, 2008).

Agrarökologische Studien zur Biodiversität konzentrierten sich bislang vornehmlich auf Grünlandökosysteme und einjährige (Acker-)Kulturen (BRUGGISSER 2010, CHERRIL 2010). In mehrjährigen Kulturen wie im Wein- und Obstbau wurde die Biodiversität von biologischer und konventioneller Bewirtschaftung hingegen wenig untersucht (BRUGGISSER 2010). In Deutschland befinden sich Weinberge zumeist an (mikro-)klimatisch begünstigten Standorten, welche somit potentiell auch günstige Habitate für Heuschrecken (Orthoptera) darstellen. Vor allem konventionell genutzte Weinberge gehören zu den am intensivsten genutzten Agrarlebensräumen und sind häufiger Bodenbearbeitung und hohem Stickstoff- und Pestizideinsatz ausgesetzt. Eine erfolgreiche Reproduktion von Heuschrecken mit Eiablage in den Boden erscheint somit nur in Ausnahmefällen möglich. Weinberge können allerdings bedeutende Teillebensräume darstellen (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Eine weniger intensive Nutzung wie im biologischen Weinbau könnte sich positiv auf die Biodiversität allgemein auswirken und auch Heuschrecken bzw. deren Reproduktion fördern. BRUGGISSER et al. (2010) haben die Diversität von Pflanzen, Spinnen und Heuschrecken in biologisch und konventionell genutzten Weinbergen in der Schweiz untersucht. Dabei wurden auch unterschiedliche Bewirtschaftungsformen (z.B. Mahd, Mulchen, Helikopter/Hand-Spritzen) untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass es keine Unterschiede zwischen biologischer und konventioneller Nutzung gab, sondern nur zwischen den Bewirtschaftungsformen. Für Heuschrecken wurden sogar geringfügig mehr Arten in konventionellen Flächen gefunden.

Ziel der vorliegenden Studie war es, herauszufinden, wie sich biologische und konventionelle Nutzung auf Heuschrecken in Weinbergen in der Südpfalz auswirken. Heuschrecken sind geeignete Indikatororganismen, da sie sensibel auf Umweltveränderungen reagieren (INGRISCH & KÖHLER 1998). Viele Arten sind an bestimmte Vegetationsstrukturen und mikroklimatische Bedingungen (Bodenfeuchte, Temperatur) gebunden. Einige Arten und deren Entwicklungszyklus sind an anthropogene Nutzung angepasst und auf deren Erhalt angewiesen (DETZEL 1998, INGRISCH & KÖHLER 1998). Darüber hinaus haben Heuschrecken als Primärkonsumenten eine wichtige Rolle in terrestrischen Nahrungsnetzen und ein Rückgang kann Auswirkungen auf andere Tiere, wie z.B. Vögel und Eidechsen, haben (DETZEL 1998, GÖTZKE 2006).

In dieser Freilandstudie wurden Heuschrecken in biologisch und konventionell genutzten Weinbergen an zwei verschiedenen Standorten (Orte Böchingen und

Weyher) bei Landau untersucht. Folgende Forschungsfragen galt es zu beantworten: 1.) Unterscheiden sich der Artenreichtum sowie die Abundanzen von Larven und Imagines zwischen biologisch und konventionell genutzten Weinbergen. Gibt es Unterschiede zwischen den beiden Standorten? 2.) Welchen Einfluss haben Nutzung, Standort und Umweltparameter auf die Artenzusammensetzung von Heuschrecken in Weinbergen?

Methoden

Untersuchungsflächen

Die Untersuchungsflächen (UF, N=16) befanden sich an zwei Standorten im Landkreis Südliche Weinstraße nördlich von Landau (Rheinland-Pfalz, Deutschland). Die Hälfte der UF lag bei Böchingen ("Bö"; N 49°14'14", O 8°5'29") und die andere bei Weyher ("Wey"; N 49°15'59", O 8°5'1"). Pro Standort wurden jeweils 4 biologisch ("Bio") und 4 konventionell ("Konv") genutzte Weinberge untersucht (Abb. 1b-e). Die UF sind unterschiedlich groß (bis 1ha) und weisen unterschiedliche Inklinationen auf (Ebene bis Hanglage; Tab. 1). Sowohl die biologisch als auch die konventionellen Weinberge werden gemäht und gemulcht sowie mit Fungiziden (in biologischen Weinbergen mit Backpulver, Seife, Kupferhydroxid) behandelt.

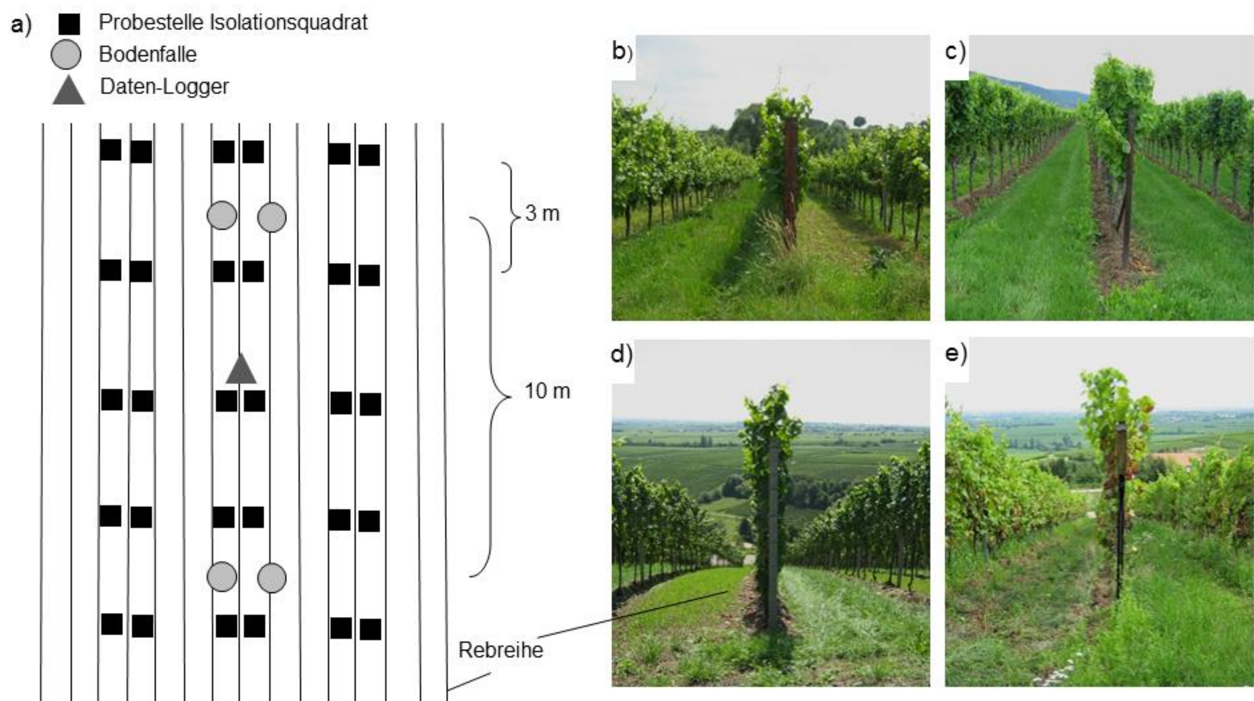


Abb. 1: a) Anordnung der Probestellen für die Heuschreckenerfassungen mit dem Isolationsquadrat und den Bodenfallen sowie der Daten-Logger, b) biologisch und c) konventionell bewirtschaftete UF in Böchingen; d) biologisch und e) konventionell bewirtschaftete UF in Hanglage bei Weyher.

Heuschreckenerfassung

Zur Erfassung der Heuschrecken wurden zwei Methoden angewendet: Zum einen wurden Heuschrecken (Art, Anzahl, Stadium) mit Hilfe eines Isolationsquadrates (IQ, Grundfläche = 1 m²) erfasst. Das IQ gilt als hervorragende Methode zur Erfassung von Heuschreckendichten (GARDINER et al. 2005). Pro UF wurden 3 Reihenpaare beprobt, in denen das IQ je 5 Mal aufgesetzt wurde (mit je drei Schritten Abstand). Pro UF wurde somit eine Gesamtfläche von 30 m² untersucht (Abb. 1a). Die Untersuchungen mit dem IQ erfolgten zwischen dem 27. Juli und 4. August 2011 jeweils zwischen 10 und 19 Uhr bei einer Mindesttemperatur von 20 °C. Gefangene Heuschrecken wurden direkt im Gelände determiniert und wieder frei gelassen. Zum anderen wurden Heuschrecken anhand von Bodenfallen erfasst. In offenen Habitaten stellen Bodenfallen eine geeignete Methode zur Erfassung der Heuschreckenaktivität dar (SCHIRMEL et al. 2010). Pro UF wurden 4 Fallen ebenerdig gesetzt (Anordnung siehe Abb. 1a). Als Bodenfallen wurden handelsübliche Joghurtbecher (0,2 L) verwendet, die zu einem Viertel mit einer 1,2-Propandiol-Mischung befüllt wurden. Die Leerungen erfolgten jeweils im zweiwöchigen Rhythmus: Zwei Wochen waren die Fallen geöffnet, danach für zwei Wochen bedeckt und anschließend wieder für zwei geöffnet. Insgesamt waren die Bodenfallen für acht Wochen geöffnet (= 56 Fangtage je Bodenfalle = maximal 224 Fangtage je UF). Auf Grund von Verlusten von einigen Fallen wurden pro UF die Fänge standardisiert auf Individuenzahlen pro Fangtag. Für die statistischen Analysen wurden die Abundanzdaten der IQ- und Bodenfallenfänge zusammengefasst. Die Bestimmung der adulten Heuschrecken erfolgte mit BELLMANN (2006). Larven wurden nicht determiniert, sondern hier wurden nur Individuenzahlen erfasst.

Umweltparameter

Mit dem IQ wurden gleichzeitig die Vegetationshöhe (cm) und die -deckung (%) von Gräsern, Kräutern und offenem Boden erfasst (30 m² pro UF). Für die statistischen Analysen wurden pro UF Mittelwerte ermittelt. Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit Daten-Loggern (Dallas Hygrochron Temperature/Humidity i-Button DS 1923-F5) auf jeder UF gemessen. Pro UF wurde ein Logger im Zentrum zwischen den Bodenfallen in ca. 1 m Höhe positioniert (Abb. 1a). Daten wurden stündlich vom 22.Juli bis 31. August erhoben. Die Hangneigung (°) wurde geschätzt.

Statistik

Unterschiede zwischen den Umweltparametern wurden mit permutationsbasierter ANOVA getestet, da die Residuen auch nach Transformationen keine Normalverteilung und Varianzhomogenität aufwiesen (Befehl 'aovp' in R-package 'lmPerm', WHEELER 2010). Der Einfluss von Nutzung (biologisch oder konventionell) und Standort (Böchingen oder Weyher) auf den Artenreichtum sowie die Abundanzen von Larven und Imagines wurde mit einer zweifaktoriellen ANOVA durchgeführt. Zur Erfüllung der Kriterien (Normalverteilung und Varianzhomogenität der Residuen) wurden die Daten log10(x+1) transformiert.

Der Einfluss der Umweltparameter auf die Artenzusammensetzung der Heuschrecken wurde mit einer permutationsbasierten multivariaten ANOVA basierend auf der Bray-Curtis-Distanz ('adonis'-Befehl in R-Paket vegan, OKSANEN et al. 2011) durchgeführt. Temperatur wurde auf Grund von hoher Interkorrelation mit der Luftfeuchte (Pearsons's r = 0.81) nicht als erklärender Umweltparameter verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software R 2.13.2 (R Development Core Team 2011).

Ergebnisse

Umweltparameter

Die vier Standorte unterschieden sich signifikant in der Vegetationshöhe, dem Anteil an offenem Boden, der Luftfeuchtigkeit und der Hangneigung (Tab. 1). Die Vegetation war in BioWey am höchsten (22 ± 7) und somit fast 10 cm höher als in den drei anderen Standorten. Der Anteil an offenem Boden war in BioBö (53 ± 19 cm) und KonvWey (50 ± 10 cm) am höchsten und in KonvBö (13 ± 2 cm) am niedrigsten. Die Luftfeuchtigkeit war in BioBö (76 ± 1%) und KonvBö (75 ± 1%) höher als in den Flächen in Weyher. Die Hangneigung war in den Flächen in Wey mit 13 ± 8 höher als in Böchingen (1 ± 1).

Tab. 1: Vergleich der Umweltparameter (Mittelwert ± Standardabweichung) zwischen biologisch (Bio) und konventionell (Konv) bewirtschafteten Weinbergen in den beiden Standorten Böchingen (Bö) und Weyer (Wey) in der Südpfalz, Rheinland-Pfalz. Unterschiede wurden mit Kruskal-Wallis-Tests analysiert.

	Biologisch		**Konventionell**		**P**
	BioBö	BioWey	KonvBö	KonvWey	
Vegetationshöhe (cm)	12 ± 4	22 ± 7	15 ± 4	13 ± 3	**0,044**
Deckung Gräser (%)	38 ± 9	41 ± 13	58 ± 18	40 ± 11	0,224
Deckung Kräuter (%)	27 ± 20	37 ± 12	31 ± 20	15 ± 8	0,386
Offener Boden (%)	53 ± 19	33 ± 11	13 ± 2	50 ± 10	**0,006**
Temperatur (°C)	20 ± 0	20 ± 0	20 ± 0	20 ± 1	0,281
Luftfeuchtigkeit (%)	76 ± 1	73 ± 2	75 ± 1	72 ± 1	**0,012**
Hangneigung (°)	1 ± 1	13 ± 8	1 ± 1	13 ± 8	**0,036**

Heuschrecken

Insgesamt wurden 309 Individuen (davon 144 Larven) und sieben Arten erfasst. Mit dem IQ wurden 48 Imagines und 127 Larven erfasst, mit den Bodenfallen 117 Imagines und 17 Larven. Die sieben nachgewiesenen Arten waren *Chorthippus biguttulus, C. brunneus, C. parallelus, C. dorsatus, Oedipoda caerulescens, Platycleis albopunctata und Nemobius sylvestris*. *C. biguttulus* (N = 80 Imagines) und *C. brunneus* (N = 57 Imagines) waren die häufigsten Arten.

Sowohl die Nutzung (F = 9.132, P = 0.010) als auch der Standort (F = 4.939, P = 0.045) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz der Larven (Abb. 2b). Die Abundanzen der Larven waren in biologischen Weinbergen höher als in konventionellen und am Standort Weyher höher als in Böchingen. Die höchsten Abundanzen von Larven konnten in den biologisch genutzten Weinbergen in Weyer festgestellt werden. Im Gegensatz dazu gab es keine Effekte auf den Artenreichtum (Nutzung: F = 1.806, P = 0.202; Standort: F = 0.075, P = 0.788) und die Abundanz der Imagines (Nutzung: F = 1.484, P = 0.245; Standort: F = 0.051, P = 0.825) (Abb. 2a, c).

Keiner der erhobenen Umweltparameter hatte einen signifikanten Einfluss auf die Artenzusammensetzung der Heuschrecken in den untersuchten Weinbergen. Der Anteil an offenem Boden beeinflusste die Artengemeinschaft als ein Trend (Tab. 2).

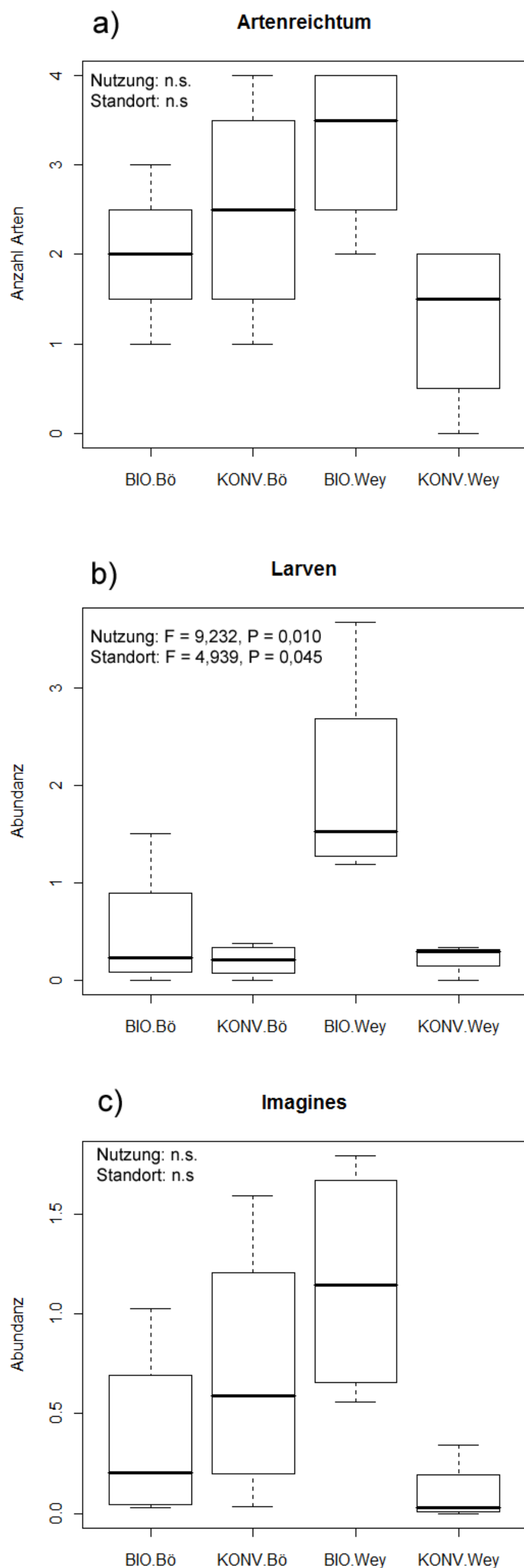


Abb. 2:
Vergleich von a) Artenreichtum, b) Abundanzen der Larven (N = 144) und c) Abundanzen der Imagines (N = 165) von Heuschrecken in biologisch (Bio) und konventionell (Konv) bewirtschafteten Weinbergen an den zwei Standorten Böchingen (Bö) und Weyer (Wey) in der Südpfalz, Rheinland-Pfalz.
Einfluss von Nutzung und Standort wurde mittels zweifaktorieller ANOVA getestet. n.s. = nicht signifikant.

	R^2	P
Nutzung	0.052	0.536
Standort	0.044	0.630
Vegetationshöhe	0.038	0.714
Deckung Gräser	0.061	0.495
Deckung Kräuter	0.096	0.281
Offener Boden	0.174	0.087
Luftfeuchtigkeit	0.057	0.565
Hangneigung	0.032	0.800

Tab. 2:
Einfluss der Umweltparameter auf die Heuschreckengemeinschaft in Weinbergen in der Südpfalz (Test mit permutationsbasierter multivariater ANOVA).

Diskussion

In dieser Studie wurden Heuschrecken in biologisch und konventionell genutzten Weinbergen in der Südpfalz untersucht. Die Abundanzen von Larven waren signifikant höher in biologisch bewirtschafteten Weinbergen, während sich der Artenreichtum, die Abundanzen von Imagines sowie die Artenzusammensetzung nicht unterschieden. Insgesamt waren die Weinberge mit sieben nachgewiesenen Arten relativ artenarm, was aber für die intensiv bewirtschafteten Habitate zu erwarten war (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003).

Der positive Effekt der biologischen Nutzung auf die Abundanzen von Larven könnte ein Hinweis auf eine erfolgreichere Reproduktion in biologisch genutzten Weinbergen im Vergleich zu konventionellen sein. Generell ist eine Reproduktion von Heuschreckenarten mit Eiablage in den Boden in Weinbergen stark erschwert, da die intensive Bodenbearbeitung Eigelege zerstört (SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Da in den biologisch und konventionell genutzten Weinbergen in dieser Studie eine ähnlich intensive Bodenbearbeitung (Mulchen) stattfand, könnte der positive Effekt der biologischen Nutzung auf Unterschiede in der Düngung, im Pestizideinsatz oder Prädationsdruck zurückzuführen sein. Da in den untersuchten Weinbergen generell keine Insektizide eingesetzt wurden, bestehen die Unterschiede v.a. im Verzicht auf Herbizide im biologischen Anbau und in der unterschiedlichen Art der Fungizide (vorwiegend Schwefel- und Kupferpräparate im biologischen Anbau, teilweise synthetische Fungizide im konventionellen Anbau). Negative Effekte von Pestizideinsatz und Bodenbearbeitung auf Aktivitätsdichten und Artenvielfalt konnten z.B. für Laufkäfer nachgewiesen werden (BRUST 1990, KROMP 1999). Erklärt wurde dies durch eine erhöhte Mortalität, ein verringertes Nahrungsangebot und dem Verlust von Überwinterungsmöglichkeiten.

Beim Artenreichtum, den Abundanzen von Imagines und der Artenzusammensetzung konnten demgegenüber keine Unterschiede zwischen den beiden Nutzungsformen festgestellt werden. Dies ist im Einklang mit Ergebnissen von BRUGGISSER et al. (2010) in der Schweiz. Zu erklären ist dies damit, dass biolo-

gisch genutzte Weinberge nicht per se einen höheren Strukturreichtum aufweisen als konventionell genutzte. Die Bewirtschaftung biologischer Weinberge ist hinsichtlich Bodenbearbeitung und Mahd keinesfalls einheitlich (Vergleiche Vegetationsdaten in Tab. 1 zwischen BioWey und BioBö) und kann mit der Bewirtschaftung konventioneller Weinberge nahezu identisch sein. Zwar ist nach GÖTZKE (2006) eine Begrünung der Gassen im biologischen Weinbau vorgeschrieben, jedoch nicht der Rebzeilen. In allen Weinbergen – sowohl biologisch als auch konventionell – fällt durch das Mulchen, vor allem bei Wasserkonkurrenz, die Begrünung generell oft gering aus und es gibt häufig alternierende Muster von begrünten und gemulchten Reihen.

Eine weitere Erklärung für ähnlichen Artenreichtum und Abundanzen von Imagines in biologischen und konventionellen Weinbergen könnte sein, dass adulte Heuschrecken (oder ältere Larven) in ähnlichem Ausmaß von angrenzenden Randstrukturen in die inneren Bereiche der Weinberge einwandern. Dabei handelt es sich offenbar um ähnliche Arten, da sich die Artenzusammensetzung von biologisch und konventionell genutzten Weinbergen ebenfalls nicht unterschied. Auf die Artenzusammensetzung von Heuschrecken in den untersuchten Weinbergen hatten weitere Umweltparameter keinen Einfluss (Tab. 2).

Eine auffällige Stellung nehmen die biologischen Weinberge in Weyher ein (BioWey), wo sowohl die meisten Larven, Imagines als auch der höchste Artenreichtum nachgewiesen wurden. Hier zeigt sich, dass erst das Zusammenspiel von biologischer Nutzung und einem hohen Strukturreichtum (= extensivere Bewirtschaftung mit weniger Mahd und Bodenbearbeitung) sich in positiven Effekten auf adulte Heuschrecken und Artenreichtum auswirken. Zudem könnten die mikroklimatischen Bedingungen einen positiven Effekt haben, da die Luftfeuchte auf den südexponierten Weinbergen in Weyher geringer als in der Ebene bei Böchingen war. Südexponierte Hänge sind bekannt für ihre bevorzugte warme und trockene Lage.

In der vorliegenden Studie wurden lediglich Arten der Kraut- und Bodenschicht erfasst (Isolationsquadrat, Bodenfallen). Aussagen über Effekte der Nutzung auf Arten der Strauchschicht (also den Weinreben selber) sind somit nicht möglich. Hierzu wären Transektbegehungen und Gesangserfassungen nötig.

Fazit

Es konnten keine Effekte der biologischen Nutzung auf die Abundanzen von adulten Heuschrecken, den Artenreichtum sowie die Artengemeinschaft von Weinbergen festgestellt werden. Dies ist dadurch erklärbar, dass biologisch genutzte Weinberge ähnlich strukturarm sein können wie konventionelle (ähnliche Bewirtschaftung wie Mulchen und Mahd). Zudem könnte die Heuschreckenfauna von den Randstrukturen beeinflusst sein. Im Gegensatz dazu, könnten die höheren Abundanzen von Larven in biologischen Weinbergen auf eine erfolgreichere Reproduktion schließen. Mögliche Ursache könnten Unterschiede in der Nutzung von Pestiziden und Dünger sein. Somit könnten biologisch genutzte Weinberge – im Gegensatz zu konventionellen – nicht nur Teillebensräume sondern über die gesamte Entwicklung hinweg geeignete Habitate für Heuschrecken darstellen.

Es ist anzunehmen, dass biologisch genutzte Weinberge deutlich positivere Effekte auf Heuschrecken haben könnten, wenn auch weitere Bewirtschaftungsweisen (Mulchen, Mahd) extensiver durchgeführt werden, um den Strukturreichtum von Weinbergen zu fördern.

Verfasser:
Judith Wagner, Martin H. Entling und Jens Schirmel
Institut für Umweltwissenschaften
Universität Koblenz-Landau
Fortstr. 7
76829 Landau
E-Mails: wagner.judith@gmx.net
entling@uni-landau.de
schirmel@uni-landau.de

Literatur

BELLMANN, H. (2006): Der Kosmos-Heuschreckenführer – die Arten Mitteleuropas sicher bestimmen. Kosmos-Stuttgart

BENGTSSON, J., AHNSTRÖM, J. & WEIBULL, A.-C. (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. – Journal of Applied Ecology 42: 261-269

BRUGGISSER, O.T., SCHMIDT-ENTLING, M.H. & BACHER, S. (2010): Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels. – Biological Conservation 143: 1521-1528.

BRUST, G.E. (1990): Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). – Pesticide Science 30: 309-320.

CHERRIL, A. (2010): Species richness of Orthoptera along gradients of agricultural intensification and urbanization. – Journal of Orthoptera Research, 19 (2): 293-301.

DETZEL, P. (1998): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. – Ulmer-Stuttgart.

GARDINER, T., HILL, J. & CHESMORE, D. (2005): Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland ecosystems. – Journal of Insect Conservation 9: 151–173.

GÖTZKE, A. (2006): Entwicklung einer Naturschutzkonzeption in Weinbaugebieten auf der Grundlage einer vergleichenden Untersuchung faunistischer und betriebswirtschaftlicher Parameter praxisüblich und ökologisch erzeugender Weinbaubetriebe. – Dissertation bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

HOLZSCHUH, A., STEFFAN-DEWENTER, I., KLEIJN, D. & TSCHARNTKE, T. (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. Journal of Applied Ecology 44: 41-49.

INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. – Westarp-Magdeburg.

KROMP, B. (1989): Carabid beetle communities (Carabidae, Coleoptera) in biologically and conventionally farmed agroecosystems. – Agriculture, Ecosystems and Environment 27: 241-251.

OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., HENRY, M., STEVENS, H. & WAGNER H. (2014): vegan: Community Ecology Package. R package version 2.2-0.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/

ROSCHEWITZ, I., GABRIEL, D., TSCHARNTKE, T. & THIES, C. (2005): The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. – Journal of Applied Ecology 42: 873-882.

RUNDLÖF, M., NILSSON, H. & SMITH, H.G. (2008): Interacting effects of farming practice and landscape context on bumble bees. – Biological Conservation 141: 417-426.

RUNDLÖF, M., SMITH, H.G. (2006): The effect of organic farming on butterfliy diversity depends on landscape context. – Journal of Applied Ecology 43: 1121-1127.

SCHIRMEL, J., BUCHHOLZ, S. & FARTMANN, T. (2010): Is pitfall trapping a valuable sampling method for grassland Orthoptera? – Journal of Insect Conservation 14: 289–296.

SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (2003): Heuschrecken in Bayern. – Stuttgart, Ulmer; 515 S.

WHEELER, B. (2010): lmPerm: Permutation tests for linear models. – R package version 1.1–2.